

Teemu Vahala

Rakennusautomaation väyläratkaisuja

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Automaatiotekniikka

Insinöörityö

22.4.2015

Tekijä(t) Otsikko	Teemu Vahala Rakennusautomaation väyläratkaisuja
Sivumäärä Aika	33 sivua + 1 liite 22.4.2015
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Automaatiotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Kappaletavara-automaatio
Ohjaaja(t)	Lehtori Timo Tuominen
<p>Tässä insinöörityössä käytiin läpi rakennusautomaatiossa käytettäviä väyläprotokollia. Työssä selvitettiin eri kirjallisia lähteitä käyttämällä, kuinka väyläprotokollat eroavat toisistaan. Työssä käsitellyt protokollat ovat: DALI, KNX, LON, M-Bus ja Modbus.</p> <p>Ensimmäiseksi työssä käytiin läpi rakennusautomaatiota ja sen hierarkiaa. Tämän jälkeen perehdyttiin yleisesti järjestelmien rakenteisiin, topologioihin sekä selvennettiin käsitteitä standardi ja protokolla. Lisäksi pohdittiin yleisesti kenttäväylän etuja. Lopuksi syvennettiin yksittäisiin protokolliin ja niiden ominaisuuksiin.</p> <p>Työn tuloksena saatiin yksityiskohtaista tietoa eri väyläprotokollista. Väyliä ominaisuudet kerättiin taulukkoon, jotta lukija saa nopeasti kuvan eri protokollista.</p>	
Avainsanat	rakennusautomaatio, kenttäväylä, väylä

Author(s) Title	Teemu Vahala Building automation bus solutions
Number of Pages Date	33 pages + 1 appendix 22 April 2015
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Automation Engineering
Specialisation option	Manufacturing Automation
Instructor(s)	Timo Tuominen, Senior Lecturer
<p>This bachelor's thesis deals with building automation and the most common used bus protocols. The study examines different bus protocols from literary sources. The work focuses on the following bus protocols: DALI, KNX, LON, M-Bus and Modbus.</p> <p>First, the progress of a building automation and its hierarchy is studied. After that the overall system structures, topologies are discussed the concepts of standard and protocol clarified. In addition, fieldbus benefits are considered in general. Finally, the individual protocols and their properties were explored.</p> <p>As a result, detailed information about the different bus protocols was obtained. Fieldbus features were collected in the table, so that the reader gets a quick overview of the different protocols.</p>	
Keywords	building automation, fieldbus, bus

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Rakennusautomaatio	1
2.1	Yleistä rakennusautomaatiosta	1
2.2	Rakennusautomaatiojärjestelmän hierarkia	2
2.2.1	Hallintotaso	2
2.2.2	Automaatitotaso	3
2.2.3	Kenttätaso	3
3	Kenttäväylät	3
3.1	Väylän määritelmä	3
3.2	Väylien perusteita	4
3.2.1	Perinteinen järjestelmä	4
3.2.2	Väyläohjaus	5
3.2.3	Keskitetty järjestelmä	5
3.2.4	Avoin järjestelmä	6
3.3	Topologiat	6
3.3.1	Väylätopologia	7
3.3.2	Rengastopologia	7
3.3.3	Tähtitopologia	8
3.3.4	Puutopologia	8
3.3.5	Terminointi	9
3.4	Protokolla	9
3.5	Standardit	9
3.5.1	OSI-malli	10
3.6	Väylien edut	10
4	DALI-väylä	12
4.1	Rakenne	12
4.2	Tiedonsiirto	13
4.3	Kaapelointi	13
4.4	DALI erillisenä järjestelmänä	14
4.5	DALI erillisenä alajärjestelmänä	15
4.6	DALI pelkkänä alajärjestelmänä	15

5	KNX-väylä	16
5.1	Tiedonsiirtotienä väyläkaapeli	17
5.2	Tiedonsiirtotienä sähköverkko	19
5.3	Tiedonsiirtotienä radioverkko	21
6	LON-väylä	22
6.1	Rakenne	22
6.2	Solmut	23
6.3	Tiedonsiirto	24
6.4	Kaapelointi	26
7	M-Bus -väylä	26
7.1	Rakenne	26
7.2	Tiedonsiirto	27
7.3	Kaapelointi	27
8	Modbus-väylä	28
8.1	Verkon rakenne	29
8.2	Viestin perusrakenne	29
8.3	Tiedonsiirto	30
8.4	Kaapelointi	30
9	Yhteenveto	31
	Lähteet	32
	Liitteet	
	Liite 1. Vertailutaulukko	

Lyhenteet

ASCII	American Standard Code for Information Interchange. 7-bittinen tietokoneiden merkistö.
BatiBUS	Yksi KNX-väylästandardiin yhdistynyt väyläprotokolla.
CEN	European Committee for Standardization. Eurooppalainen, kaikki muut paitsi sähkö- ja telealan kattava standardisoimisjärjestö.
CENELEC	European Committee for Electrotechnical Standardization. Eurooppalaisen sähköalan standardisoimisjärjestö.
COM	Sarjaliitäntä.
CRC	Cyclic Redundancy Check. Tarkistussumma.
CSMA/CA	Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance. Tietoliikenteen siirtotien varausmenetelmä.
DALI	Digital Addressable Lighting Interface. Digitaalinen valaistuksen ohjausväylä.
DIN	Deutsches Institut für Normung. Saksalainen standardisoimisinstituutti.
EHS	European Home System. Kotiautomaatiosovelluksiin kehitetty kenttäväylä.
EIB	European Installation Bus. Rakennusautomaatioon kehitetty väylätekniikka.
EN	European Standard. Eurooppalainen standardi, joka on laadittu joko CENissä, CENELECissä tai ETSI:ssä.
ETSI	European Telecommunications Standards Institute. Eurooppalainen telealan standardisoimisjärjestö.

FSK	Frequency Shift Keying. Vaihtotaajuuskoodaus.
IEC	International Electrotechnical Commission. Kansainvälinen sähköalan standardisoimisjärjestö.
I/O	Input/output. Tulo- ja lähtöpisteet kenttälaitteille.
ISO	International Organization for Standardization. Kansainvälinen standardisoimisjärjestö.
ISM	Industry-Scientific-Medical. Taajuusalue, joka alun perin tarkoitettu teolliseen, tieteelliseen ja lääketieteelliseen käyttöön.
KNX	Kansainvälinen kiinteistöautomaatiostandardi.
LAN	Local Area Network. Lähiverkko.
LON	Local Operating Network. Tiedonsiirtoväylä.
LONAK	Kiinteistöautomaatiokaapeli.
LonTalk	LonWorks väylätekniikan tiedonsiirtoprotokolla.
LonWorks	Väylätekniikka.
LRC	Longitudinal Redundancy Check. Tarkistussumma.
LVIS	Lämpö, vesi, ilmanvaihto, sähkö.
M-bus	Meter-Bus. Väylä mittauksetietojen siirtämiseen.
Modbus	Sarjaliikenneprotokolla.
OSI-malli	Open Systems Interconnection Reference Model. Seitsemän kerroksinen malli tiedonsiirtoprotokollien yhdistelmästä.
PELV	Protective Extra Low Voltage. Maadoitettu pienjännite.

PDU	Protocol Data Unit. Protokollan tietoyksiköt.
PL	Tiedonsiirtotienä sähköverkko.
RF	Tiedonsiirtotienä radioverkko.
RS-232	Tiedonsiirron sarjaliitettä tietokoneen ja oheislaitteiden välillä.
RS-485	Balansoitu sarjaliikenneväylä, johon voi liittyä useita väylälaitteita.
RTU	Remote Terminal Unit. Kompakti binaarinen datanesitysmuoto.
SELV	Safety Extra Low Voltage. Maasta erotettu pienjännite.
SFS	Suomessa vahvistetun standardin tunnus.
TCP/IP	Transmission Control Protocol / Internet Protocol. Usean tietoverkkoprotokollan yhdistelmä, jota käytetään Internet-liikennöinnissä.
TP	Tiedonsiirtotienä väyläkaapeli.
VAK	Valvomoalakeskus.

1 Johdanto

Rakennusautomaatio yleistyy koko ajan ja siltä myös vaaditaan jatkuvasti enemmän. Rakennusautomaatiojärjestelmän tarkoituksena on valvoa kiinteistön eri tilojen olosuhteita sekä säätää ja ohjata muun muassa LVIS-prosessien toimintaa, jotta valvottujen tilojen olosuhteet pysyvät halutunlaisina.

Jotta rakennusautomaatiojärjestelmä saadaan hyvin toimivaksi, on osattava valita oikea tekniikka järjestelmään. Järjestelmän perustuessa laitteiden väliseen kommunikointoon, on tiedonsiirto tällöin tärkeässä asemassa. Väyläratkaisu on tähän hyvä vaihtoehto ja markkinoilla onkin monia erilaisia protokollia ja standardeja laidasta laitaan.

Tämän insinööritoiminnan tavoitteena on perehtyä rakennusautomaatiossa yleisimmin käytettäviin väyliin ja tutustua niiden ominaisuuksiin. Työssä käydään läpi väylien toimintaa yleisesti sekä pyritään selventämään eri väyläprotokollien eroja, joilla ne erottuvat toisistaan.

2 Rakennusautomaatio

2.1 Yleistä rakennusautomaatiosta

Automaatio jakautuu moniin eri ryhmiin ja yksi niistä on rakennusautomaatio. Rakennusautomaatio muistuttaa lähinnä prosessiautomaatiota. Prosessiautomaatiota ja rakennusautomaatiota yhdistävät samanlaiset ominaisuudet ja toiminnot, mutta ne erottuvat toisistaan kohteiden osalta. Prosessiautomaatio suuntautuu teollisuuteen, kun taas rakennusautomaatio kohdistuu erilaisiin rakennuksiin ja kiinteistöihin. [1.]

Rakennusautomaatiojärjestelmän avulla pyritään valvomaan kiinteistöjen olosuhteita ja pitämään ne halutunlaisina, ohjaamalla esimerkiksi ilmanvaihtoa, lämmitystä, jäähdytystä ja valaistusta. Usein myös valvonta- ja hälytystoimenpiteet liitetään rakennusautomaatiojärjestelmään, tavoitteena saada yksi yhtenäinen järjestelmä hallitsemaan koko kiinteistöä. [2.]

Rakennusautomaation yhtenä tärkeänä tehtävänä on myös rakennuksen energiankulutuksen seuranta, joka onkin kiinteistöjen ylläpidossa suuri menoerä. Rakennusautomaatiojärjestelmään satsattaessa, säästää pitkän pennin tulevaisuudessa.

2.2 Rakennusautomaatiojärjestelmän hierarkia

Yleensä rakennusautomaatiojärjestelmät rakentuvat kuvan 1 mukaisesti hierarkkisista tasoista, joita on hallintotaso, automaatiotaso ja kenttätaso. Eri tasoja yhdistää jokin tiedonsiirtoratkaisu, joita on automaatiöväylä ja kenttäväylä.



Kuva 1. Rakennusautomaation hierarkia [3].

2.2.1 Hallintotaso

Hallintotasolla tarkoitetaan paikallisesti kohteessa tai etävalvomossa olevia PC-valvomoita. Hallintotaso toimii käyttäjärajapintana järjestelmään päin. Käyttäjä pystyy valvomosta käsin tekemään haluttuja muutoksia esimerkiksi asetusarvoihin, tarkastelemaan prosessin grafiikkakuvia ja saa tiedot hälytyksistä. Tyypillisesti hallintotason toimintoihin kuuluvat raportointiin ja kunnossapitoon liittyvät lisäohjelmat. Hallintotason

ja siitä seuraavan tason eli automaatiotason yhdistää toisiinsa automaatiöväylä, jonka kommunikaatio perustuu LAN-verkkoon ja TCP/IP-protokollaan. [3; 4.]

2.2.2 Automaatiotaso

Automaatiotasolla sijaitsee valvomoalakeskukset (VAK) ja niihin liittyvät I/O-moduulit, joiden avulla voidaan ohjata, säätää ja valvoa eri operaatioita. Alakeskuksessa on prosessori ja muistia, jossa sijaitsevat käyttöjärjestelmä sekä ohjelma, joka ohjaa haluttuja prosesseja I/O pisteiden kautta.

2.2.3 Kenttätaso

Kenttätasolla olevat anturit ja toimilaitteet liittyvät automaatiotasolla oleviin alakeskuksiin kenttäväyläksi kutsutulla tiedonsiirtoratkaisulla. Anturit toimivat prosessia tarkkailevina eliminä ja toimittavat reaaliaikaista tietoa prosessien tilasta alakeskukselle. Alakeskuksella saatuja tietoja verrataan käyttäjän asettamiin tavoitteisiin ja ohjataan toimilaitteita niin, että tavoitteet toteutuvat.

3 Kenttäväylät

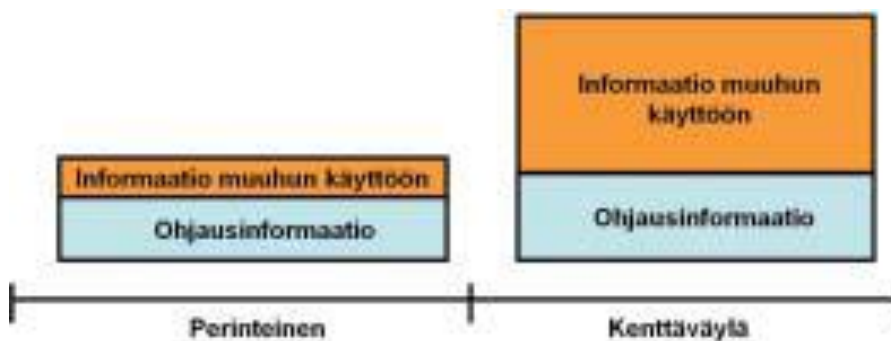
3.1 Väylän määritelmä

Kenttäväylä tarkoittaa kaksisuuntaista, digitaalista, väyläpohjaista tiedonsiirtoratkaisua, jossa yhdistyy mittaus- ja ohjauspisteet, näytöt, käyttöliittymät ja muu automaatio. Kenttäväylän kaapeloinnissa käytetään parijohtoa, valokuitua, sähköverkkoa tai radioverkkoa. Samassa kenttäväylässä on usein monen eri valmistajan laitteita, jonka vuoksi laitteiden tulee olla samaa protokollaa noudattavia, jotta keskustelu niiden välillä onnistuu. [3.]

3.2 Väylien perusteita

Verrattaessa nykypäivän järjestelmiä vanhempiin järjestelmiin, suurimpana erona nousee esiin se, että antureissa ja toimilaitteissa on älyä. Kyseisten laitteiden älyllä viitataan niissä olevaan muistiin, prosessoriin ja tietyn protokollan mukaiseen ohjelmaan.

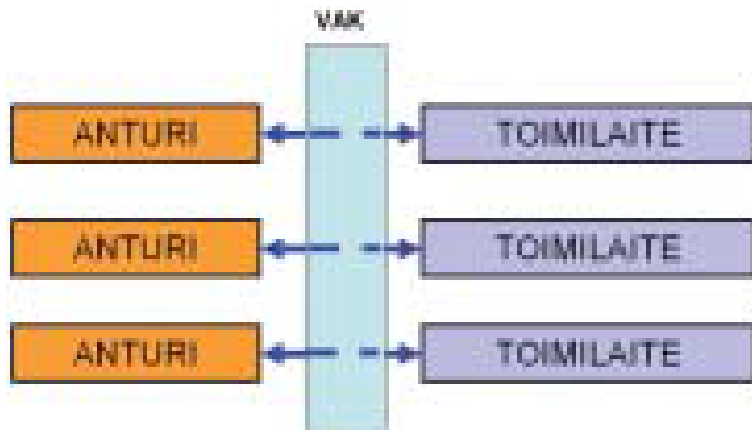
Kenttäväylää verrattaessa perinteiseen järjestelmään, huomaamme kuvasta 2, kuinka moninkertaiseksi informaatio määrä nousee kenttäväylässä. Tietoja voidaan käyttää muuhunkin kuin vain ohjausinformaatioon. Kenttälaite voi esimerkiksi ilmoittaa milloin tarvitsee huoltoa ja valvomosta päin voidaan virittää kenttälaite etätyöskentelynä.



Kuva 2. Informaation määrän lisääntyminen kenttäväylässä [3].

3.2.1 Perinteinen järjestelmä

Perinteisen järjestelmän toiminta perustuu siihen, että anturi ohjaa sille määriteltyä toimilaitetta. Tästä koituu kyseiselle järjestelmälle suuri ongelma ja puute, sillä kyseinen anturi ei ole missään kytköksissä muihin osiin. Tieto siis kulkee vain kahden kiinteän aseman välillä kuvan 3 mukaisesti.



Kuva 3. Perinteinen järjestelmä [3].

3.2.2 Väyläohjaus

Kuten kuvasta 4 nähdään, väyläohjauksessa anturit ja toimilaitteet ovat kaikki samassa väylässä ja näin ollen kytköksissä toisiinsa. Tiedot siirtyvät väylässä jonkin protokollan mukaisesti. Kun tekniikka ja protokolla on oikein valittu, saadaan aikaan nopea ja luotettava tiedonsiirtoväylä. Väyläohjaus perustuu siihen, että väylässä on älyllisiä laitteita, jotka pystyvät toteuttamaan useampia asioita. Sekä on myös tietoväylä, jossa eri käskyt kulkevat. [3.]



Kuva 4. Kenttäväyläohjaus [3].

3.2.3 Keskitetty järjestelmä

Keskitetty järjestelmä perustuu hierarkkisiin tasoihin, jossa ylempi taso määrää alempien tasojen toiminnan. Kaikki siirtyvät käskyt ja tiedot menevät ylemmälle tasolle ja vasta tämän jälkeen toteutus tapahtuu. Tätä kutsutaan myös käskypohjaiseksi toiminnaksi ja tyypillisesti keskitetyt järjestelmät ovat juuri käskypohjaisia.

Koska keskitetyssä järjestelmässä yksi keskusyksikkö hoitaa kaikki järjestelmän toiminnot, aiheutuu siitä ongelmia. Mikäli keskusyksikköön syntyy pienikin vika, voi koko

järjestelmä olla toimintakyvytön. Jokainen järjestelmä vaatii myös oman valvomonsa ja näin ollen suuremmissa kohteissa, joissa on useampia järjestelmiä, tarvitaan myös useita valvomoita. Keskitetyn järjestelmän suuri heikkous on yhteensopimattomuus muiden järjestelmien ja laitteiden kanssa, koska käytössä on erilaisia protokollia. Koska protokollat ovat erilaisia, laitteet eivät ymmärrä toisiaan. Tämä johtaa siihen, että kaikki laitteet on tilattava samalta valmistajalta koko järjestelmän elinkaaren ajan. Mikäli siis järjestelmää halutaan päivittää tulevaisuudessa, täytyy siinä käyttää samoja laitteita kuin siihen on alun perin suunniteltu. Näin ollen laitetoimittajien kilpailutusta ei voida tehdä, jolloin järjestelmän hinta voi nousta suureksi. [3.]

Nykypäivänä näin hankalia järjestelmiä ei enää suosita ja käytössä onkin hajautettuja järjestelmiä, joissa eri valmistajien laitteet osaavat keskustella keskenään.

3.2.4 Avoin järjestelmä

Avoimen eli hajautetun järjestelmän toiminta perustuu siihen, että eri valmistajien laitteet toimivat samojen protokollien mukaan. Laitteet myös toimivat itsenäisesti, mikäli laite siis haluaa lähettää viestin, se lähettää sen suoraan haluamalleen vastaanottajalle. Viestin ei tarvitse kulkea ylemmän tason kautta, kuten keskitetyssä järjestelmässä.

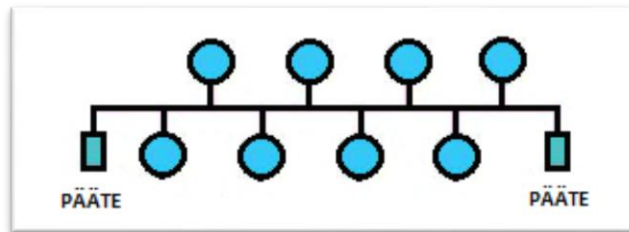
Rakennusautomaation kohdalla avoimuudella tarkoitetaan sitä, että käytetty tekniikka ei ole kenenkään omistuksessa, se ei ole salaista, eikä kukaan voi periä tekijänoikeusmaksuja siitä. Käytetyt protokollat ovat kaikkien käytettävissä ja ne ovat tunnettuja. Avoimessa järjestelmässä eri valmistajien laitteet toimivat keskenään ja niiden kilpailutus on helpompaa. Laitteiden lisäys järjestelmään onnistuu myös helpommin niiden ollessa itsenäisiä. [3.]

3.3 Topologiat

Verkkotopologia tarkoittaa erilaisia kaapelointitapoja, joilla verkko voidaan muodostaa. Verkkoa suunniteltaessa tulee mieltä tarkkaan, millaisen topologian valitsee. Taloudellisen ja tehokkaan verkon rakentamiseen tulisi kaapelia käyttää mahdollisimman vähän sekä yhteyden tulisi olla mahdollisimman suora. Seuraavaksi käydään läpi yleisimpiä topologioita. [3.]

3.3.1 Väylätopologia

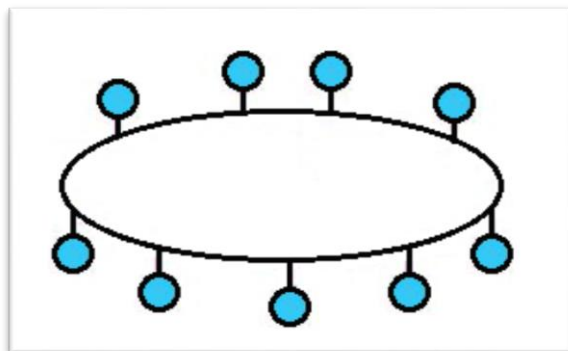
Väylätopologiassa (kuva 5) kaikki laitteet kiinnitetään samaan kaapeliin ja kaapelin päihin laitetaan päätevastukset. Väylätopologiassa vain yksi pari laitteita voi viestiä samaan aikaan, sillä kaikkien laitteiden liikenne kulkee vain yhtä siirtokaapelia pitkin. Väylätopologia on yksinkertainen, luotettava ja se on laajalle levinnyt.



Kuva 5. Väylätopologia.

3.3.2 Rengastopologia

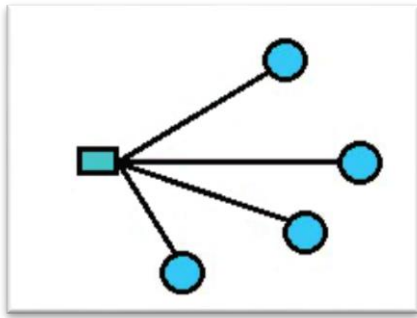
Rengastopologiassa (kuva 6) kaapeli muodostaa renkaan, joten verkossa ei ole kaapelin päitä ja näin ollen ei tarvita päätevastuksia. Laitteet toimivat toistimina, eli vahvistavat signaalia ja lähettävät sen seuraavalle laitteelle. Mikäli yksi laitteista vioittuu, koko verkko on toimintakyvytön.



Kuva 6. Rengastopologia

3.3.3 Tähtitopologia

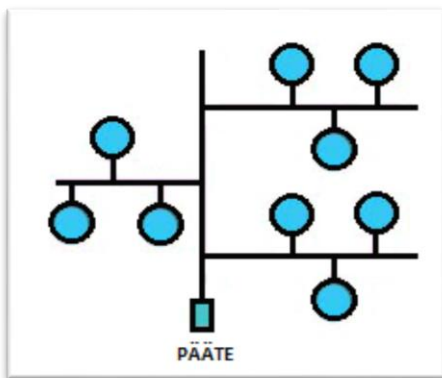
Tähtitopologiassa (kuva 7) kaikki yhteydet kulkevat kytkentäkeskuksen kautta. Etuina tässä topologiassa on se, että jokainen laite on kytketty omalla kaapelillaan kytkentäkeskukseen. Mikäli jokin kaapeli vioittuu, vaikuttaa se vain kyseiseen kaapeliin kytkettyyn laitteeseen. Tähti muodostelma on myös suuri heikkous, sillä jos kytkentäkeskus rikkoutuu, on verkko täysin toimintakyvytön.



Kuva 7. Tähtitopologia.

3.3.4 Puutopologia

Puutopologiassa (kuva 8) kaapeloinnin kokonaispituus on noin puolet verrattuna väyläntopologian kaapeloinnin pituuteen. Puutopologian etuna on muuntojoustavuus ja säästöt kaapelikustannuksissa.



Kuva 8. Puutopologia.

Näiden lisäksi on olemassa myös esimerkiksi vapaa topologia, yhdistelmätopologia, mesh-topologia ja muita topologioita, joissa esitellyt topologiat yhdistyvät. Nämä topologiat ovat kuitenkin harvemmin käytössä.

3.3.5 Terminointi

Joissakin väylissä tapahtuu myös signaalin takaisinheijastumista. Tämä tarkoittaa sitä, kun esimerkiksi väylätopologiassa sähköinen signaali lähetetään koko verkolle, kulkee se kaapelin päästä päähän. Jos signaalia ei pysäytettäisi sen saapuessa toiseen päähän, kulkisi se keskeytymättömästi edestakaisin heijastuen kaapelin toisesta päästä toiseen. Tämän vuoksi kaapelin päihin asetetaan päätevastukset eli terminaattorit, jotka absorboivat eli pysäyttävät signaalit, kun ne ovat saavuttaneet oikeat osoitteensa. Mikäli signaalin annettaisiin kulkea edestakaisin väylässä, estäisi se muiden asemien signaalin lähettämisen. [6.]

3.4 Protokolla

Protokolla määrittelee eri laitteiden tai ohjelmien välisiä yhteyksiä. Yhteyskäytäntö eli protokolla mahdollistaa sen, että mikäli eri valmistajien laitteet ja ohjelmistot noudattavat samaa protokollaa, pystyvät ne kommunikoimaan keskenään. Hajautetussa eli avoimessa järjestelmässä eri osapuolet ymmärtävät toisiaan protokollan avulla. Osapuolten keskustelukieli ja niiden käyttäytyminen eli toimintalogiikka muodostavat keskustelusäännösten. Protokollan tietoyksiköiden PDU (*Protocol Data Unit*) eli sanomien välityksellä tapahtuvalla keskustelulla on syntaksi ja semantiikka, joka on tarkkaan määritelty. Syntaksilla kerrotaan kuinka sanomat rakentuvat, kun taas sanomien yhteyden toimintalogiikkaan ja palveluun kertoo semantiikka. [3.]

3.5 Standardit

Standardi on suositus siitä, miten jokin asia tulisi tehdä. Standardit eivät ole lakeja, mutta niitä noudatetaan, jotta eri valmistajien tuotteet olisivat yhteensopivia. Rakennusautomaation toiminnallisuuteen kohdistuvia erityisiä ohjeita tai määräyksiä ei juuri ole. Sähköturvallisuuslaissa määritellään laitteiden ja niiden sähköistykseen liittyvät turvallisuusasiat. Rakennusautomaatiojärjestelmän taso ei riipu pelkästään määräyksistä vaan myös rakennuttajan erilaisista valinnoista. [3.]

3.5.1 OSI-malli

Koska avoimuutta halutaan kenttäväylästandardeihin, käytetään siihen ISO:n (*International Organization for Standardization*) määrittelemästä OSI-mallista (*Open Systems Interconnection Reference Model*) 4-5- tasoa. OSI-malli, joka on esitetty kuvassa 9, on seitsemän kerroksinen pinomalli. Sen alkuperäinen tarkoitus oli poistaa yhteensopimattomuus ongelmat eri verkoista. Malli ei kuitenkaan tullut kovinkaan suosituksi sen raskaudesta johtuen ja nykyisin sitä käytetään lähinnä referenssipinona. Muihinkin olemassa oleviin malleihin on sovellettu OSI-mallin kerrosajattelua, joten OSI-mallin ymmärtäminen helpottaa muiden pinomallien ymmärtämistä. [3.]

NUMERO	kerros	TARKOITUS
7	sovellus	itse sovellukset
6	esitystapa	yhteinen datan esitysmuoto (esim. miten esitetään rivinvaihto)
5	yhteysjakso	yhteyksien hallinta ja synkronointi
4	kuljetus	sovellusten osoittaminen ja virheiden korjaus
3	verkko	verkkojen yhdistäminen ja siirto verkkojen välillä
2	siirto	bittien siirtäminen yhden verkon sisällä
1	fyysinen	fyysiset liitännät

Kuva 9. OSI-malli [5].

OSI-mallissa jokainen kerros on oma kokonaisuutensa ja täysin itsenäinen, jota voidaan kehittää muista osista riippumatta. Kerrokset tarjoavat palveluja yhtä kerrosta ylemmäs ja vastaavasti käyttävät alemman kerroksen palveluja.

3.6 Väylien edut

Kenttäväylä mahdollistaa hajautetun järjestelmän, jossa kenttälaitteet suorittavat huomattavan osan toiminnoista. Väylään liitetyt yksittäiset laitteet pystyvät toteuttamaan sellaisia perustoimintoja, joita aiemmin hoidettiin järjestelmässä. Väylälaitteiden ja sovellusten kirjo kasvaa jatkuvasti, joka tuo eteen uusia mahdollisuuksia.

Kenttäväylää käytettäessä kaapelointi ja kytkentäpisteet vähenevät jopa 60 - 70 prosenttia. Tämä vähentää kytkentävirheitä, sillä kaikki väyläliitännät ovat lähes samanlaisia. Tästä seuraa merkittäviä kustannussäästöjä. Suunnittelussa kustannukset laskevat kun ristikytkeätiloja, kaapeleiden johdinparien käyttöä ja päätekoteloita ei tarvitse suunnitella sekä kytkentä- ja kaapelivetoluettelot ovat aiempaa yksinkertaisempia. [3.]

Käyttöönnotosta tekee helppoa se, että kenttäväylän laitteiden parametrit voidaan asettaa ohjelmallisesti väylän kautta. Koska kenttäväylä on yksinkertainen, sen käyttö on varmempaa ja ylläpitokustannukset matalammat. Kenttälaitteiden lisäys väylään onnistuu joustavasti jopa järjestelmän toimiessa, eikä tarvitse vetää uusia kaapeleita. [3.]

Väylän diagnostiikan täsmällisyyden vuoksi, prosessin käytettävyyys paranee. Kaksisuuntainen tiedonsiirto mahdollistaa sen, että ennaltaehkäistävästä ja korjaavasta kunnossapidosta voidaan siirtyä ennakoivaan ylläpitoon. [3.]

Kenttäväyläratkaisussa kustannussäästöjä saadaan siis hyvinkin laajalti aina suunnittelusta käyttöön asti, kun asiat yksinkertaistuvat huomattavasti.

4 DALI-väylä

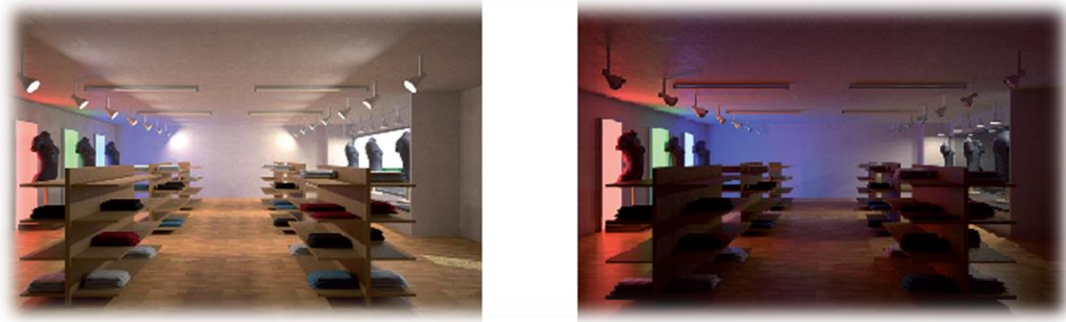
DALI (*Digital Addressable Lighting Interface*) on valaistukseen tarkoitettu digitaalinen ohjausväylä. Aiempaan 1-10 voltin tekniikkaan verrattuna, DALI on ominaisuuksiltaan monikäyttöisempi ja se soveltuu esimerkiksi monikäyttöiloihin erilaisten valaistustilanteiden ansiosta. [7.]

DALI-väylän etuja on se, että prosessorit ja väyläsovittimet ovat edullisia ja näin ollen niiden asentaminen jokaiseen valaisimeen on mahdollista. DALI:n yhtenä ominaisuutena on se, että käyttäminen ja käyttöönotto on mahdollisimman helppoa. Asennukseen riittää sähkötekniikan perustiedot ja ohjelmoinnista selviää Windows-ympäristön tunteuksella. [7.]

DALI on standardoitu maailmanlaajuisesti standardin IEC 60929 mukaan, joka määrittelee 1-10 voltin elektronisten liitälaitteiden ohjauksen. Alan johtavat yritykset maailmanlaajuisesti kannattavat standardia. DALI:a ei suunniteltu monimutkaiseksi järjestelmäksi, sillä jo standardia suunniteltaessa haluttiin luoda yksinkertainen järjestelmä. DALI on tarkoitettu ainoastaan valaistuksenohjaukseen ja sitä voidaan käyttää vain valaistusta ohjaavana alijärjestelmänä rakennusautomaatiojärjestelmän kanssa. DALI voidaan yhdistää rakennusautomaatioon kolmella eri tavalla, jotka käydään läpi tässä työssä myöhemmin. [7.]

4.1 Rakenne

DALI-väylässä voidaan ohjata yksittäistä valaisinta, sillä jokaisella laitteella on oma osoitteensa. Yksittäisiä osoitteita DALI-väylässä voi olla 64 ja näistä osoitteellisista liitälaitteista voidaan muodostaa valaistusryhmiä. Yhdessä DALI-väylässä voi olla 16 valaistusryhmää ja jokaisessa ryhmässä voi olla edellä mainitut 64 osoitetta. Lisäksi jokaiseen liitälaitteeseen voi asettaa 16 erilaista valaistustilannetta. Valaistustilanteella tarkoitetaan saman tilan erilaista valaistusta, kuten kuvasta 10 nähdään myymälän valaistus kahdella eri tilanteella. [8.]



Kuva 10. Myymälän valaistus kahdella eri valaistustilanteella [9].

4.2 Tiedonsiirto

Tiedonsiirron nopeus DALI-väylässä on 1200 bittiä sekunnissa. Tiedonsiirtomenetelmänä käytetään Manchester koodia, joka on hyvin yksinkertainen. Sen bittirakenne muodostuu "1" ja "0" biteistä, joiden tilat vastaavat kahta eri jännitetasoa. Muutokset tilojen välillä tapahtuu matalan ja korkean jännitetaso välillä. Ohjausväylän alempi taso on yleensä 0 voltia, mutta se voi vaihdella -6,5V ... 6,5V välillä. Ylempi jännitetaso tavallisesti on 16 voltia ja se voi vaihdella 9,5V...22,5V välillä. Standardin IEC 60929 mukaan, DALI-väylän maksimivirta on 250 milliampeeria ja yhden liitäntälaitteen virrankulutus maksimissaan 2 milliampeeria. [8.]

4.3 Kaapelointi

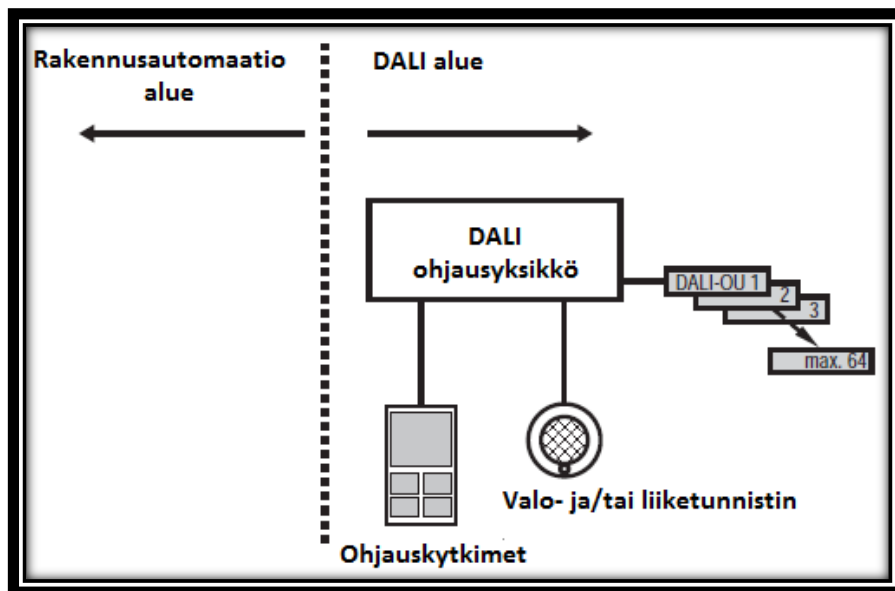
DALI-väylässä ohjaussignaaliin tarvitaan johdinpari ja tässä voidaan käyttää mitä tahansa kaksinapaista verkkojännitekaapelia. DALI-väylä voidaan kytkeä rinnan, tähteen tai näiden yhdistelmään ja väylän pituus voi olla maksimissaan 300 metriä. Väylän pituudesta riippuen, suositellaan kaapelin poikkipinta-alaksi 0,5mm²-1,5mm² (Taulukko 1). Poikkipinta-ala määräytyy kaapelin pituuden vuoksi siksi, että järjestelmän jännitteenalenema saa olla vain 2 voltia. Ohjauskaapeleiden lisäksi liitäntälaitteisiin tulee normaalisti vaihe-, nolla- ja suojamaajohdin. Hyvän häiriösietokyvyn ansiosta, ohjauskaapeli voi kulkea jännitekaapelin kanssa yhdessä. [8.]

Taulukko 1. Kaapelin pituus ja suositeltu poikkipinta-ala.

Kaapelin pituus	Kaapelin poikkipinta-ala
alle 100m	0,5mm ²
100-150m	0,75mm ²
150-300m	1,5mm ²

4.4 DALI erillisenä järjestelmänä

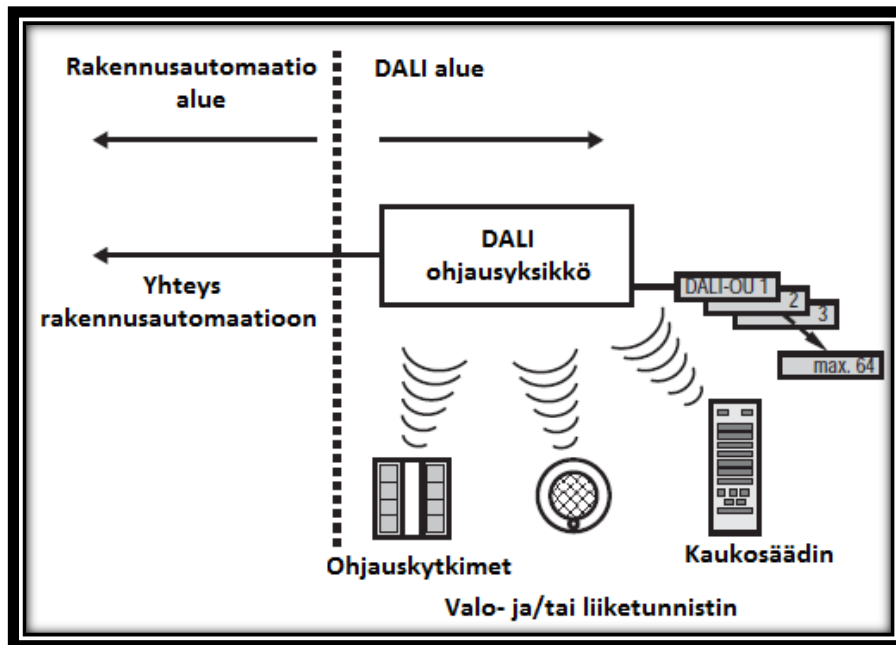
Erillisenä järjestelmänä DALI:n liittäminen rakennusautomaatiojärjestelmään on helppoa. Kuten kuvasta 11 nähdään, DALI on täysin erillinen järjestelmä, eikä sillä ole mitään yhteyttä rakennusautomaatiojärjestelmään. Yleensä se sisältää yksinkertaistetun ohjausyksikön, joka ei käytä kaikkia mahdollisia ominaisuuksia. Kaikki toiminnot kuten käyttöönotto, hoidetaan paikallisesti. Kaikki liitäntälaitteet yhdistetään ohjausyksikköön kuten tavallisesti eli digitaalisessa tai analogisessa muodossa. [8.]



Kuva 11. DALI erillisenä järjestelmänä [8].

4.5 DALI erillisenä alajärjestelmänä

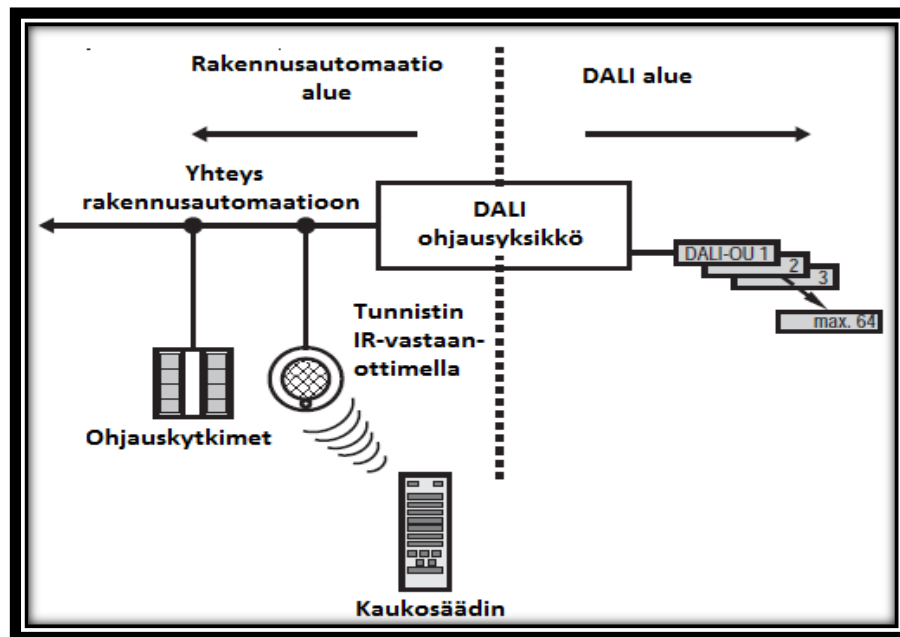
Erillisenä alajärjestelmänä rakennusautomaatiojärjestelmään liitetty DALI on muutoin samanlainen tapa kuin erillisenä järjestelmänä asennettu, mutta tässä DALI on yhteydessä rakennusautomaatiojärjestelmään (kuva 12). Ainoastaan tärkeimmät tiedot välitetään rakennusautomaatiojärjestelmään, kuten pääkytkinten tilat ja vikatilanteet. Muut liityntälaitteet liitetään ohjausyksikköön, kuten yleensä. [8.]



Kuva 12. DALI erillisenä alajärjestelmänä [8].

4.6 DALI pelkkänä alajärjestelmänä

Pelkkänä alajärjestelmänä rakennusautomaatioon kytketty DALI (kuva 13) tarvitsee toimiakseen "kääntäjän" eli sillan. Silta kääntää tiedon DALI-järjestelmästä rakennusautomaatiojärjestelmään ja päinvastoin, jotta järjestelmät voisivat kommunikoida. Tässä tapauksessa valaistuksenohjausta ei ole tarkoitettu toimimaan erillisenä järjestelmänä, vaan se on osa rakennusautomaatiojärjestelmää. [8.]

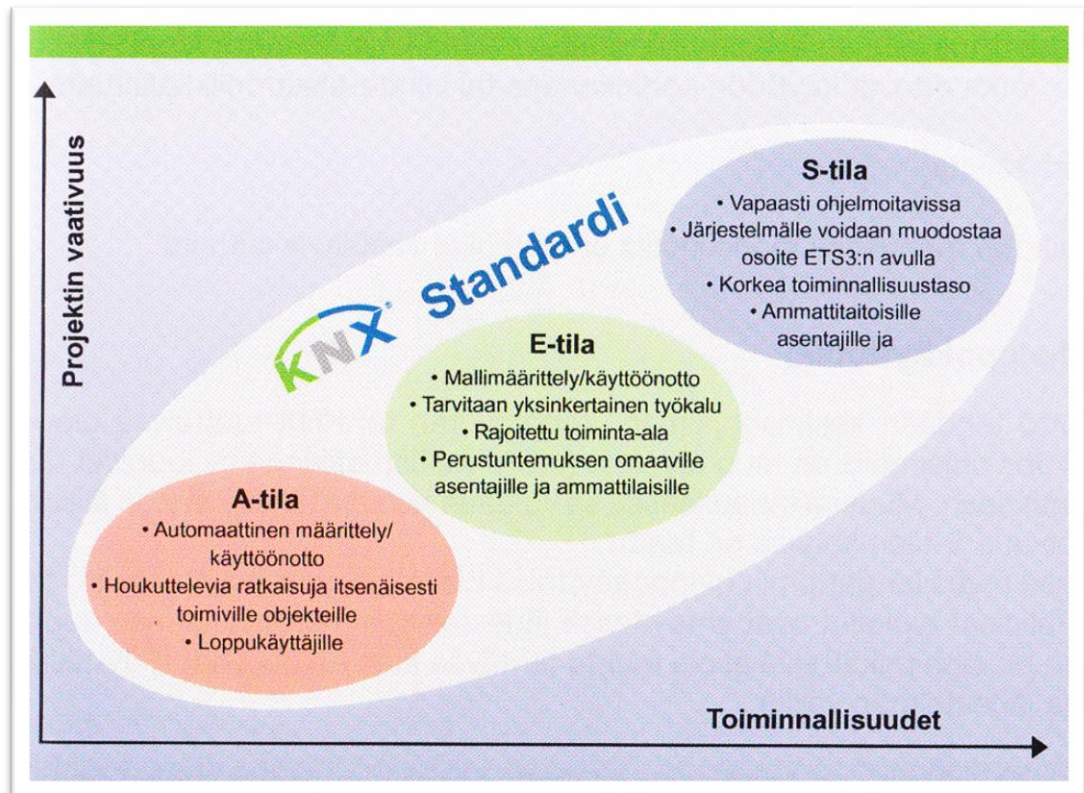


Kuva 13. DALI pelkkänä alajärjestelmänä [8].

5 KNX-väylä

KNX-väylästandardi on vuonna 1996 aloitettu CENELEC:n Home and Building Electronic Systems -komitean hanke, jossa yhdistettiin kolme Eurooppalaista kenttäväylää. Tarkoituksena oli luoda yksi väylästandardi, joka yhdisti BatiBUS, EIB ja EHS kenttäväylät, käyttäen niiden parhaimpia puolia. Syynä yhdistymiseen oli, että väylien käyttäjähdistykset huomasivat väyliensä menestyksen jäävän vain Euroopan alueelle, eikä sen kokoisella alueella välttämättä olisi sijaa kolmelle merkittävälle kenttäväylälle. [3.]

KNX on käytössä niin asuin- kuin liikekiinteistöissäkin ja se on saavuttanut Suomessa johtavan aseman kotien automaattioratkaisuissa. Se soveltuu aina valaistuksenohjauksesta lämmitykseen, ilmastointiin, valvontaan ja energiankulutuksen ohjaukseen. KNX on avoin ja siihen voidaan liittää monia eri järjestelmiä ja palveluita. KNX-standardi sallii käytön kaikenlaisissa rakennuksissa ja eri medioissa (*TP*, *PL*, *RF*). Käyttöön otossa on valittavana kolme erilaista konfiguraatiota: A-tila (automaattitila), E-tila (helpokäyttötila) ja S-tila (järjestelmätila). Kuvasta 14 nähdään tilojen toiminnallisuudet. [10.]



Kuva 14. Käyttöönoton konfiguraatiotilat [10].

5.1 Tiedonsiirtotienä väyläkaapeli

Kun KNX-järjestelmässä käytetään siirtotienä väyläkaapelia (*KNX-TP*), on hierarkkisessa rakenteessa käytössä linjoja ja alueita (kuva 15). Väylässä käytetään yleisesti kierrettyä parikaapelia. [10.]

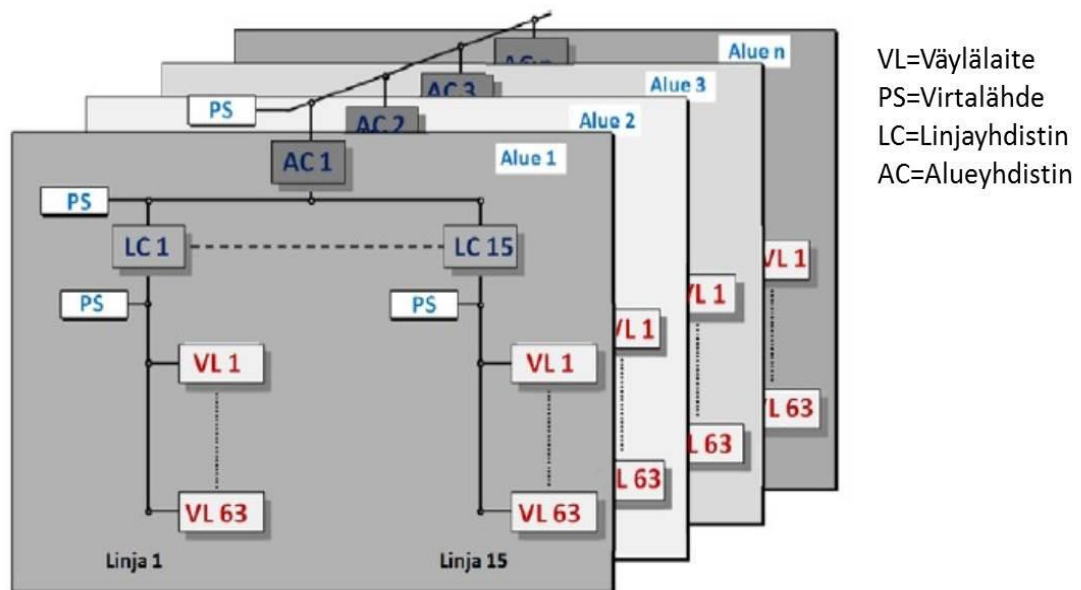
Linja on pienin asennusyksikkö, johon voidaan kytkeä 64 laitetta. Linja muodostuu enintään neljästä linjasegmentistä. Virtalähde ja laitteiden virrankulutus vaikuttaa väylään kytkettävien laitteiden määrään. Linjaan voidaan kytkeä korkeintaan kolme linjatoistinta rinnan. Linjassa on rajoitettuja kaapelin pituuksia ja ne on esitetty seuraavassa taulukossa 2. [10.]

Taulukko 2. Kaapelien pituudet

Kaapelin pituus	Käyttötarkoitus
enintään 1000m	Linjasegmentin pituus
enintään 350m	Tehonlähteen ja väylälaitteiden välinen etäisyys
enintään 700m	Kahden väylälaitteen etäisyys toisistaan
vähintään 200m	kahden virtalähteen etäisyys toisistaan

Alueita voidaan muodostaa, jos päälinjaan kytketään useampia linjoja linjayhdistimen kautta. Päälinjaan on mahdollista kytkeä 64 laitetta, mutta laitemäärä vähenee käytettyjen linjayhdistimien määrällä, joka maksimissaan on 15 kappaletta. Päälinjaan voidaan siis kytkeä 15 linjaa, jotka muodostavat alueen ja jokaisessa linjassa sekä päälinjassa tulee olla oma virtalähde, jossa on kuristin. [10.]

Useita alueita voidaan myös muodostaa ja niidenkin maksimimäärä on 15. Alueet kytketään runkolinjaan alueyhdistimellä. Myös runkolinjaan voidaan kytkeä laitteita, mutta kuten aiemmin myös tässä tapauksessa laitteiden määrä vähenee käytettyjen alueyhdistimien määrällä. Runkolinja pitää myös varustaa omalla virtalähteellä. Laitteita voidaan siis liittää järjestelmään kaiken kaikkiaan hieman yli 58 000 kappaletta. [10.]



Kuva 15. KNX-topologia [11].

Tiedonsiirtonopeus on 9600 bittiä sekunnissa ja sanoman lähettämiseen ja vahvistamiseen kuluva aika on noin 25 millisekuntia. Tiedot siirtyvät väyläkaapelissa symmetrisesti. Väylälinja ei vaadi impedanssisovitusta ja mikä tahansa topologia on mahdollinen paitsi rengastopologia, jolloin sanoma voi jäädä kiertämään verkkoon. Laitteiden välinen tiedonkulku on tapahtumaohjattu, jolloin tiedot siirtyvät väylässä sarjoittain eli peräkkäin. Käytössä on hajautettu väyläyhteysmenetelmä CSMA/CA (*Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance*), joka on siirtotien varausmenetelmä. Se perustuu törmäyksien havainnointiin, jossa törmäykset havaitaan etukäteen lähetettävällä varausalla signaalilla ennen varsinaista dataa. Törmäys voi tapahtua, mikäli väylälaitteet ovat päässeet linjaan samanaikaisesti. Varausmenetelmä takaa sen, ettei mitään tietoa pääse katoamaan. [10.]

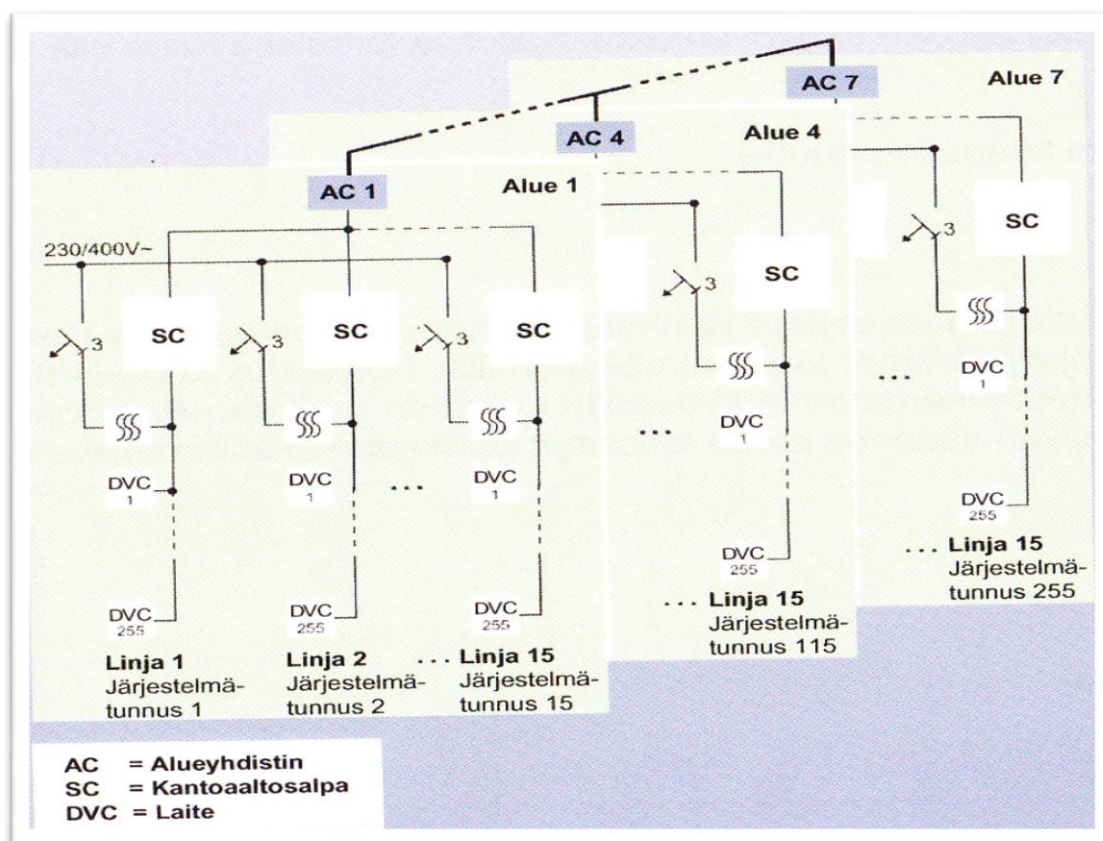
Käytössä on 29 voltin pienjännitettä SELV (*Safety Extra Low Voltage*). Käyttäjä voi siis turvallisesti koskettaa väyläkaapelia, koska väylä on erotettu sähköverkkojärjestelmästä. Virtalähde noudattaa standardia DIN EN 50090 (*kotien ja rakennusten elektroniset järjestelmät HBES*) vaatimuksia, jolloin se siis on virtarajoitettu väylän puolelta ja oikosulkusuojattu. Virtalähteeseen on sisäänrakennettu kuristin ja se toimii vastuskuormanä väyläsanomille, joten signaalit eivät vaimene väylässä. Kuitenkin nykyään hyvin yleisesti järjestelmän jännite nostetaan 30 voltin tasolle, jännitteenalenneman huomioimiseksi. SELV- ja PELV-järjestelmän (*Protective Extra Low Voltage*) jännitelähteinä käytetään suojajännitemuuntajaa, joka on standardin SFS-EN 60742 (*Suojaerotusmuuntajat ja suojajännitemuuntajat. Rakenne ja koestus*) mukainen. [10.]

5.2 Tiedonsiirtotienä sähköverkko

KNX-Powerline (KNX-PL) on 230 voltin sähköverkkoa käyttävä siirtotapa. Mikäli siis väylälinjaa ei vaadita tai sitä ei jostain syystä ole mahdollista järjestelmään asentaa, toimii sähköverkko siirtotienä. Kaikki KNX-Powerline –laitteet tarvitsevat ainoastaan vaihe- ja nollajohtimen kytkennän. KNX-Powerline vastaa erityisesti standardeja DIN EN 50065 (*viestinsiirto pienjänniteverkossa taajuusalueella 3 kHz – 148,5 kHz*) ja DIN EN 50090. [10.]

Tässäkin tapauksessa pienin asennusyksikkö on linja ja siihen voidaan kytkeä 255 laitetta. Topologia vastaa väyläkaapelin topologiaa, mutta tässä tapauksessa erillistä virtalähdettä ei tarvita, sillä laitteet saavat virtaa suoraan 230 voltin sähköverkosta.

KNX-Powerline ei rajoita kaapelin pituutta. Alueet muodostetaan korvaamalla kierretyissä parikaapeleissa olevat linjayhdistimet järjestelmäkytkimillä ja laitteet kytketään 230 voltin verkkoon. Alueiden fyysinen erotus tehdään kantoaaltosalvan avulla (kuva 16). [10.]



Kuva 16. KNX-Powerline verkko [10].

Sähkövirtajärjestelmään (230V/50Hz) syötetään suurtaajuussignaaleja tietojen siirtoa varten. Järjestelmä toimii kaksisuuntaisesti eli kukin laite voi lähettää ja vastaanottaa viestejä. Taajuuskaistana on käytössä 95 kHz – 125 kHz ja logiikkatilan "0" taajuus on 115,2kHz kun taas tilan "1" taajuus on 105,6 kHz. Tiedonsiirtonopeus on 1200 bittiä sekunnissa ja sanoman siirto kestää noin 130 millisekuntia. Käytössä on hajautettu väyläyhteyksimenetelmä CSMA/CA, kuten on myös KNX-TP järjestelmässä. [10.]

5.3 Tiedonsiirtotienä radioverkko

Tiedonsiirtotienä voi olla myös KNX-RF eli radioverkko. Tällöin laitteet voidaan asentaa mihin paikkaan tahansa ja ne voivat kommunikoida keskenään radiosignaalin kantama huomioon ottaen. Kantomatkaa ei voida tarkoin määritellä, sillä myös muut viereisissä KNX-radioverkoissa olevat laitteet voivat vastaanottaa KNX-radiosanomia. Keskinäisvaikutukset on suljettava pois ja tämän vuoksi KNX-radiolähettimet lähettävät sarjanumeronsa laitetunnuksena osana sanomaa. Ainoastaan ne vastaanottimet, jotka on kytketty tähän lähetimeen arvioivat sanomiaan. Radiosignaali alueiden erottamisen lisäksi myös seinät, katot, huonekalut ja muut rakenteelliset ominaisuudet rajoittavat signaalin kantomatkaa. Verkossa voidaan käyttää välivahvistimia, jolloin ne vahvistavat signaalia niin, että signaali voi siirtyä jopa useiden kerrosten läpi. [10.]

Radioteknologiassa tiedot välitetään amplitudimodulaationa eli kanta-aallon voimakkuuden vaihteluna, taajuusmodulaationa eli taajuuden vaihteluna, vaihemodulaationa eli vaihesiirtona tai näiden yhdistelmänä. Moduloitu kanta-aalto siirtyy vastaanottiin ja vastaanotettu signaali demoduloidaan eli tiedot palautuvat signaalista. KNX-radioverkkojärjestelmässä käytetään modulointimenetelmänä taajuusmodulaatiota tai FSK:ta eli vaihtotaajuuskoodausta. Järjestelmässä käytetään kantotaajuutena 868,30MHz ja logiikkatilat "0" ja "1" muodostetaan vähäisellä poikkeamalla. Tiedon siirtonopeus järjestelmässä on 16384 bittia sekunnissa ja se moduloidaan Manchester-koodin mukaan. Lähetystaajuus on ISM-taajuusalueella (*Industry-Scientific-Medical*) ja on tarkasti määritelty käyttösovellusten taajuusalueet. Jokaisella laitteella on työjakso eli radiolähettyksen aikaväli. Työjakso on 1% ja se on maksimissaan 0,6 sekuntia minuutissa. Tämän ansiosta ei ole yksittäisiä jatkuvia lähettämiä eikä myöskään jatkuvia häiriösignaaleja. Yksisuuntaiset laitteet lähettävät sanomat suoraan ja törmäykset ovat suurella todennäköisyydellä poissuljettuja 1%:n työjakson johdosta. Kaksisuuntaiset laitteet tarkistavat onko väylä vapaa, ennen kuin lähettävät sanoman. [10.]

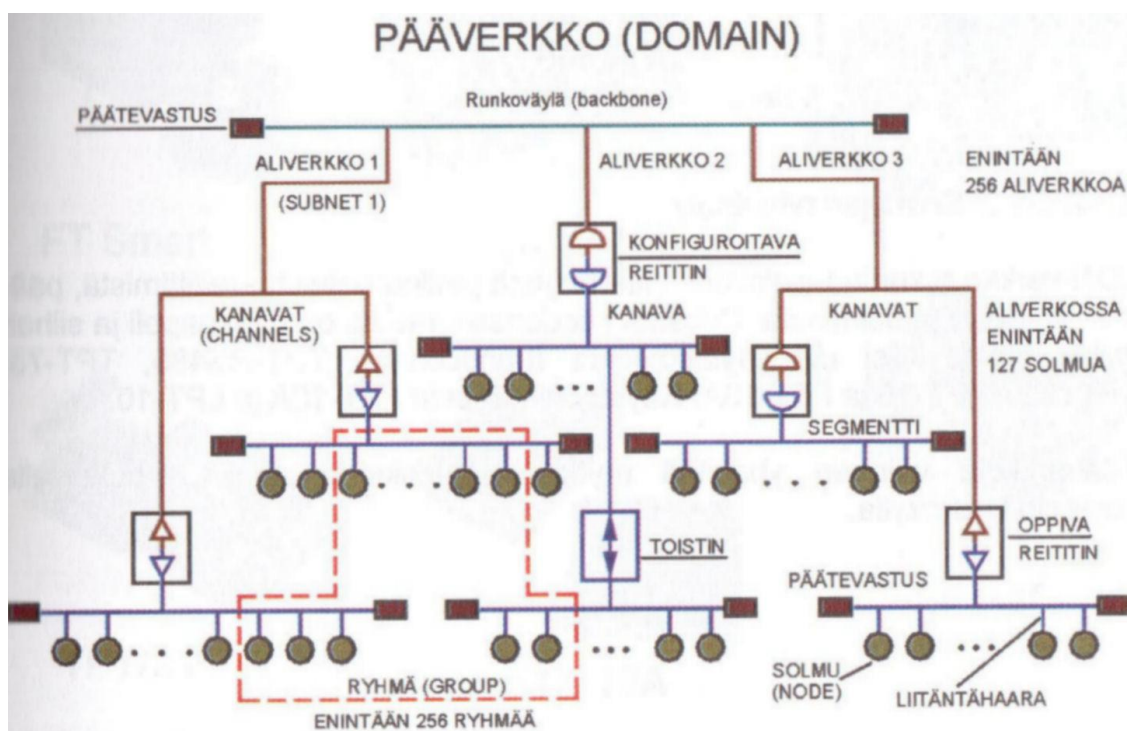
KNX-radiokomponentit on suunniteltu joko yksisuuntaisiksi tai kaksisuuntaisiksi. Yksisuuntaiset laitteet joko lähettävät tai vastaanottavat, eli ovat antureita tai toimilaitteita. Pääosin yksisuuntaiset laitteet ovat akkukäyttöisiä antureita. Kaksisuuntaiset laitteet voivat sekä lähettää että vastaanottaa, eli ne ovat sekä antureita että toimilaitteita. KNX-radiojärjestelmä voidaan mediakytkimen avulla liittää KNX-TP:hen. [10.]

6 LON-väylä

LON on lyhenne sanoista Local Operating Network. Se on vuonna 1990 amerikkalaisen Echelon Corporationin julkistama digitaalinen, kaksisuuntainen sarjaväylä monipisteystehtyysineen. Verkon perusideana on saattaa useita toisistaan riippumattomia laitteita samalle laitevalmistajasta riippumattomalle väylälle. LON-väylällä voidaan hoitaa kiinteistön useita eri järjestelmiä kuten valaistusta, sähköjakelua, ilmastointia, kulunvalvontaa, energiankulutusta, palohälytyksiä ja hissejä. [3, 12.]

6.1 Rakenne

LON-verkko rakentuu yleisimmin kierretyistä parikaapeleista, reitittimistä, päätevastuksista ja solmuista. Verkko muodostuu seuraavista osista: pääverkosta, aliverkoista, kanavista, segmenteistä, ryhmistä ja solmuista (kuva 17). [12.]



Kuva 17. LonWorks-verkon rakenne [12].

Osoitteen muodostus LonTalk-protokollassa on hierarkkinen. Ylimpänä verkon hierarkiassa on *pääverkko*, joka on solmuista koottu looginen kokonaisuus. [3.]

Aliverkot ovat hierarkian toisella tasolla ja ne ovat paikallisia verkkoja. Pääverkossa voi olla 255 aliverkkoa, jotka ovat loogisia kokonaisuuksia solmuista yhdessä tai useammassa kanavassa. Tällä tasolla on myös käytössä älykkäät reititintoinnot. Reititintoinnot määrittelevät aliverkon fyysisen koon ja näin ollen lähettävät tiedonsiirtopaketit varmasti perille. [3.]

Solmut ovat kolmannella tasolla ja jokaisessa aliverkossa saa olla 127 solmua, joiden tulee kuulua samaan kanavaan. *Ryhmiä* järjestelmässä saa olla 256 ja yksi solmu voi kuulua enintään 15 ryhmään. Ryhmään voi kuulua 64 solmua, mikäli viestimuotona käytetään aidontamista. Solmujen määrää ei ole rajoitettu jos viestimuotona käytetään kertaviestiä, jolle ei odoteta kuittausta. Yksi solmu voi kuulua kahteen pääverkkoon, jolloin se voi siis lähettää tietoa kahdessa eri pääverkossa olevalle solmulle. Solmulla on kuitenkin vain yksi pääverkko-, aliverkko- ja solmuosoite. Solmuja koko järjestelmässä voi olla 32 385 kappaletta. [3.]

Kanavat voivat olla fyysisesti erilaisia topologioita. Jokainen solmu liittyy kanavaan ja kanava voi jakautua segmentteihin. *Segmentillä* tarkoitetaan tiettyä osaa väyläkaapelista. Kanavat liitetään yhteen reitittimien avulla. [3.]

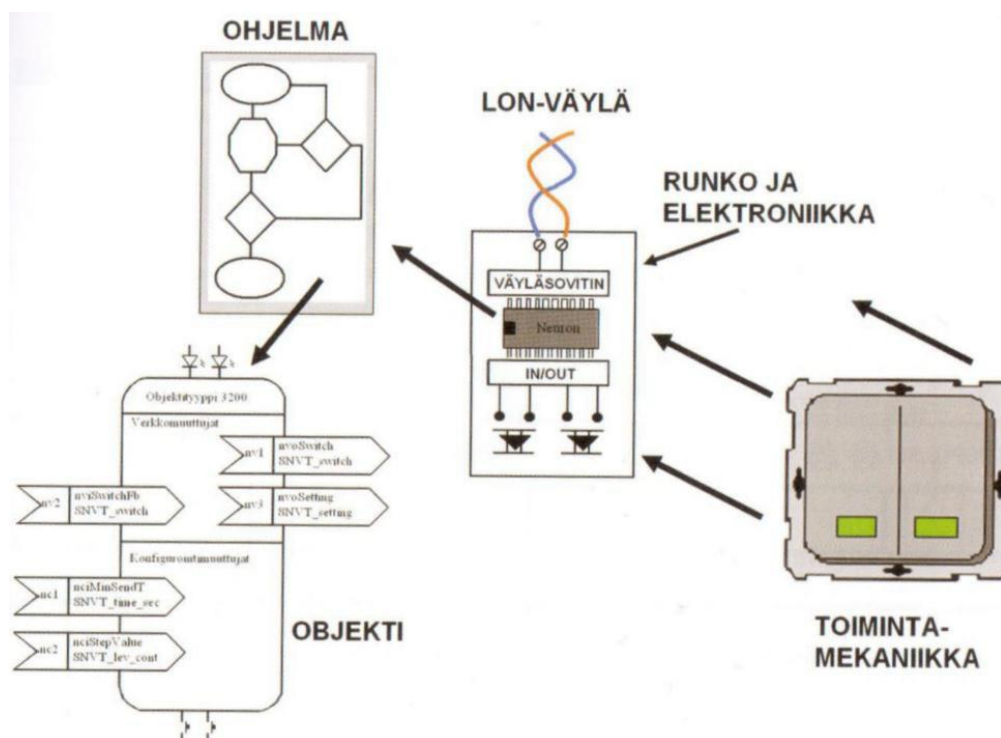
6.2 Solmut

Verkossa olevia yksittäisiä säätimiä, toimilaitteita, antureita ynnä muita kutsutaan solmuiksi. Solmun ydin on muistilla varustettu mikropiiri, jota kutsutaan Neuron-Chipiksi eli Neuron-piiriksi. Echelon Corporation omistaa oikeudet Neuron-piiriin ja sen valmistuksen hoitavat lisenssillä komponenttivalmistajat kuten Cybres ja Toshiba. Echelon koordinoi Neuron-piirin ID-tunnusten käyttöä. Ennen kuin samaa tunnusta on käytettävä uudelleen, voidaan Neuroneita valmistaa 281,5 biljoonaa kappaletta, sillä tunnus on 248 bittiä. Jokainen Neuron-piiri sisältää protokollan ja käyttöjärjestelmän sekä huolehtii solmun sovellustehtävistä ja kommunikoinnista muiden solmujen kanssa. [3.]

Solmu sisältää myös väyläsovittimen, jossa on transceiver eli lähetin-/vastaanotinpiiri ja I/O-liityntäpinnan, jonka kautta ohjataan sovellustehtäviä sekä kommunikointiportin, jonka kautta ollaan yhteydessä verkkoon. Ulkoisesti solmut voivat näyttää samannäköisiltä, mutta ne sisältävät erilaisia ohjelmia, jotka määrittävät kuinka solmu toimii. Solmut kytketään toisiinsa fyysisesti väyläsovittimen avulla, joka siis sovittaa käytetyn

tiedonsiirtomedian Neuron-piirille. Verkossa olevat älykkäät solmut kommunikoivat keskenään LonTalk–standardiprotokollan määrittämällä kielellä. [3.]

Kuten kuvasta 18 nähdään, solmu koostuu mekaanisesta, elektronisesta ja ohjelmallisesta osasta. Ohjelmallinen osa määrittää minkälaisia toimintoja solmulla on. [3.]



Kuva 18. Solmun rakenne [3].

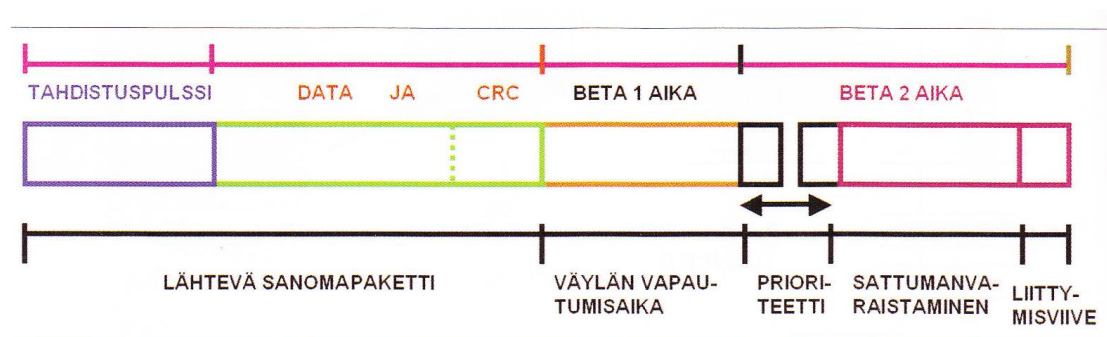
6.3 Tiedonsiirto

LonWorks-tekniikassa voidaan käyttää useita eri tiedonsiirtomedioita. Yleisin tiedonsiirtomedia on kierretty parikaapeli, mutta myös optiset kuidut, koaksiaalikaapeli, sähköverkko, infrapuna ja radiotaajuudet ovat mahdollisia. Alla olevassa taulukossa 3 esitetään eri tiedonsiirtomedioiden maksimi nopeuksia. [12.]

Taulukko 3. LON-verkon tiedonsiirtomedioiden nopeudet.

Nopeus kbps	Tiedonsiirtomedia
1250	Kierretty parikaapeli
1250	Optiset kuidut
1250	Koaksiaalikaapeli
5	Sähköverkko
8	Infrapuna
4,8	Radiotaajuus

Solmu vastaanottaa kaikki väylällä olevat paketit, joista se tallettaa itselleen kuuluvat paketit ja hylkää muut. Paketin lähetys LonTalk-protokollassa etenee seuraavasti (kuva 19). Solmu lähettää paketin alussa tahdistuspulsseja ainakin kuuden bitin verran, jotta muut solmut voivat synkronoida toimintansa lähettäjän kanssa ja vastaanottaa viestejä. Seuraavana vuorossa on data ja 16-bittinen CRC, jolla sanoman virheettömyys tarkistetaan. Tämän jälkeen on Beta 1 -aika, jolloin ei tapahdu mitään noin 400µs aikana. Sen tarkoituksena on tasapainottaa väylän liikennettä tarjoamalla viive. Viiveen jälkeen seuraa Beta 2 -aika, joka muodostuu priorisointiaikavälistä ja liittymisviiveestä. Kun aika on kulunut, voi solmu lähettää uuden paketin, mikäli väylällä ei ole muuta liikennettä. [3.]



Kuva 19. Tiedonsiirtopaketti [3].

6.4 Kaapelointi

LON-verkossa käytetään yleisimmin LONAK kaapelia, joka on kierrettyä parikaapelia. Verkko voi olla topologiaaltaan väylä, tähti, puu tai näiden yhdistelmä. Rengastopologiaa ei suositella ollenkaan. Solmujen sekä kaapelin asentamisessa on huomioitava protokollan asettamat vaatimukset. Vaatimuksiin katsotaan liittyvän kaapelityypin valinta, solmujen enimmäismäärä, keskinäinen etäisyys segmentistä, segmentin terminointi ja maksimipituus sekä haaran pituus verkossa. Väylän pituus, topologia, tiedonsiirtonopeus ja solmujen määrät riippuvat käytetystä väyläsovittimesta. Väylän pituus voi olla jopa 2700 metriä, mutta tällöin nopeus ei välttämättä ole huipussaan. [12.]

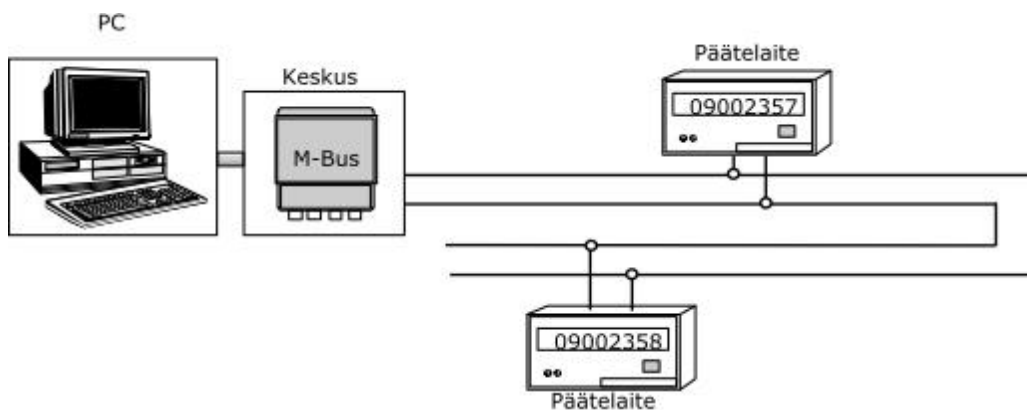
7 M-Bus -väylä

M-Bus -väylä (*Meter-Bus*) on suunniteltu mittaustietojen siirtämiseen ja perustuu eurooppalaiseen EN1434-3 standardiin, joka määrittelee vaatimuksia lämpöenergiamittareiden tiedonsiirrosta. M-Bus -väylä on kustannustehokas kenttäväyläratkaisu ja yksinkertaisimmillaan väylässä on tietokone, joka kerää tietoa päätelaitteilta tasomuuntimen välityksellä. Väylä ei sovellu hälytysten ilmaistamiseen, sillä väylä on suunniteltu ainoastaan mittaustietojen siirtämiseen. Mikäli päätelaitteelta luetaan hälytystieto, on se muutettava hälytykseksi esimerkiksi rakennusautomaatiojärjestelmässä. [13.]

7.1 Rakenne

M-Bus-väylä koostuu keskuksesta ja päätelaitteista (kuva 20). Keskus kerää tietoa väylään liitettyiltä päätelaitteilta. Keskuksena voi toimia keskusyksikkö, joka on paikallista luentaa varten varustettu muistilla, näytöllä ja näppäimistöllä. Toisena vaihtoehtona keskukselle on tasomuunnin, jossa ei ole muistia eikä näyttöä. Tasomuunnin muuntaa M-Bus-protokollan sarjaliikennemuotoon, jota PC tai automaatiojärjestelmä ymmärtää. [13.]

Keskusyksiköjä löytyy kolmea kokoa: M-Bus 60, M-Bus 120 ja M-Bus 250, joissa numero määrittelee kuinka monta laitetta väylään voidaan asentaa. Toistimilla verkkoa voidaan laajentaa lähes rajattomasti, jolloin saadaan lisää pituutta ja enemmän päätelaitteita. [13.]



Kuva 20. M-Bus laitteisto [13].

Keskuksen keräämät tiedot voivat tulla esimerkiksi energia-, sähkö-, ja kaasumittareilta, pulssinkeruuyksiköiltä, M-Bus vesimittareilta sekä erilaisilta antureilta ja toimilaitteilta. Jokaisella päätelaitteella on oltava 24V jännite. [13.]

7.2 Tiedonsiirto

Tiedonsiirto tapahtuu isäntä-renki menetelmällä, jolloin keskukselta tulee käsky ja päätelaite vastaa kysymykseen. Samanaikaisesti tietoja voidaan lähettää vain yhteen suuntaan ja yhdelle päätelaitteelle. Päätelaitteet eivät kommunikoi keskenään. Verkon suorituskyky riippuu verkon laajuudesta, mitä laajempi verkko, sitä matalampi nopeus. Verkko voi olla jopa 12 kilometrin pituinen, mutta nopeus on tällöin vain 300bps. Mikäli pituus lasketaan neljään kilometriin, nopeus on jo 2400bps ja yhden kilometrin mittaisessa väylässä nopeus nousee jopa 9600bps. [13.]

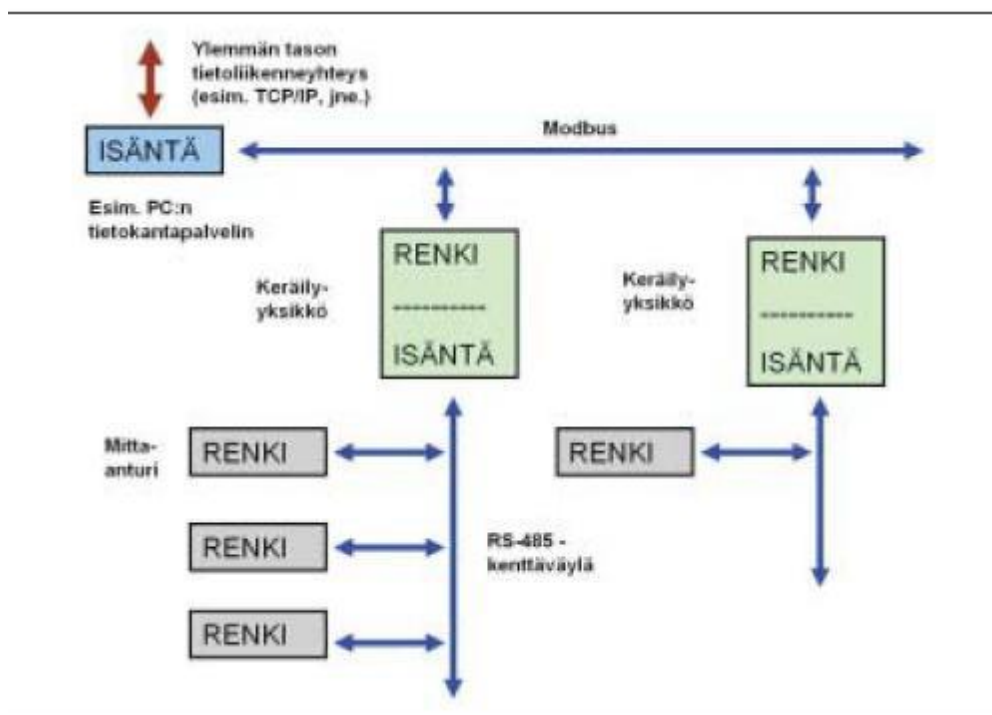
7.3 Kaapelointi

Kaapelityypiksi suositellaan kierrettyä parikaapelia, mutta sillä ei ole mitään erityisvaatimuksia. Häiriösuojaus ei ole tarpeen kaapeloinnissa, mutta kaapeli on kuitenkin pyrittävä pitämään erillään häiriölähteistä. Päätelaitteet voidaan kytkeä tähteen, väylään tai näiden yhdistelmään, joka on yleensä edullisin tapa. Rengaskytkentää ei suositella, sillä yhden laitteen vikaantuminen voisi pysäyttää koko verkon. [13.]

8 Modbus-väylä

Modbus on vuonna 1979 Modiconin toimesta julkaistu sarjaliikenneprotokolla. Modicon teki maailman ensimmäiset ohjelmoitavat logiikat ja Modbus oli alun perin tarkoitettu käytettäväksi yhdistämään ohjelmoitavat logiikat toisiinsa. Nykypäivänä Modbus on yleisesti käytössä elektroniikkalaitteiden välisessä kommunikaatiossa ja usein sitä käytetään yhdistämään valvontatietokone kenttälaitteisiin. [3.]

Modbus protokolla on käytössä teollisuudessa, rakennuskohteissa, energian optimointijärjestelmissä, pitkän matkan tiedonsiirroissa ja ohjauspaneelien yhdistämisessä. Modbusin etuja on sen edullisuus, avoimuus, helposti käyttöönotettava ja lisenssimaksuton järjestelmä. Eri valmistajien laitteita voidaan kytkeä samaan väylään ja kuka tahansa voi valmistaa Modbusia käyttäviä laitteita, ilman erillistä korvausta protokollan kehittäjille. Melkein kaikista automaatiolaitteista löytyy Modbus-liitäntä, jos muita yhteisiä liitäntästandardeja ei ole käytettävissä. Alla kuva 21 Modbus-väylän rakenteesta. [3.]



Kuva 21. Isäntä-renki topologia [3].

8.1 Verkon rakenne

Modbus kattaa OSI-mallin tasot 1 (fyysinen), 2 (siirtoyhteys) ja 7 (sovellus). Modbus TCP/IP esiintyy myös kerroksilla 5 ja 6. [3.]

Modbus-protokollasta on olemassa kaksi versiota, sarjaportti ja ethernet. Sarjamuotoiselle liikenteelle on olemassa kaksi muunnelmaa. Modbus RTU (*Remote Terminal Unit*) ja Modbus ASCII (*American Standard Code for Information Interchange*) on käytössä sarjaliikenteessä kun taas Modbus TCP/IP:tä käytetään ethernet liitännöissä. Modbus RTU on kompakti binaarinen datanesitysmuoto kun taas ASCII on tekstipohjainen esitysmuoto. [3.]

8.2 Viestin perusrakenne

RTU-lähetystavassa lähetetään kahtena 4-bittisenä heksamerkkinä viestin jokainen 8-bittinen tavu. ASCII-lähetystavassa taas lähetetään kahtena ASCII-merkkinä viestin jokainen 8-bittinen tavu. Taulukosta 4 nähdään viestin perusrakenne. [3.]

Taulukko 4. Viestin perusrakenne.

Aloitus	Osoite	Toiminto	Data	Tarkistussumma	Lopetus
4 merkkiä odotus	1 tavu	1 tavu	=1 tavu	2 tavua	4 merkkiä odotus

RTU-variantissa viestin osoite ja toimintokenttä koostuvat molemmat kahdeksasta bittistä ja ASCII-variantissa kahdesta ASCII-merkistä. Toimintokenttä saa lisätietoja data kentän viestistä, joka koostuu kahdesta heksamerkistä. RTU:ssa sanoma sisältää 16-bittisen CRC:n (*Cyclic Redundancy Check*) eli tarkistussumman ja ASCII-formaatissa on käytössä LRC (*Longitudinal Redundancy Check*) tarkistussumma. [3.]

8.3 Tiedonsiirto

Modbus toimii isäntä-renki menetelmällä ja yhdellä isännällä voi olla 247 renkiä. Tiedonsiirto tapahtuu pollauksena eli kiertokyselynä, jolloin isäntä lähettää käskyn rengille ja renki vastaa. Kun renki saa isännän käskyn, se toteuttaa sen. Mikäli toiminto onnistuu, renki lähettää variantista riippumatta vastauskehyksen. Jos tapahtuu virhe tai renki ei pysty toteuttamaan isännän käskyä, lähettää renki tällöin isännälle virhesanoman. Vain isäntä voi aloittaa tiedonsiirron ja tiedonsiirto tapahtuu ainoastaan isännän ja renkien välillä, eli rengit eivät kommunikoi keskenään. [3.]

Vaaditut nopeudet Modbus-väylää käyttäville laitteille on 9600bps ja 19,2kbps. Myös 1200bps, 2400bps, 4800bps, 38,4kbps, 57,6kbps ja 115kbps ovat optionaalisia nopeuksia. Yleisesti käytetty nopeus kuitenkin on 9600bps. [14.]

8.4 Kaapelointi

Väylä koostuu runkokaapelista ja siihen liittyvistä laitteista. Runkokaapeli tulee terminoida molemmista päistä ja tyypillisesti siinä käytetään 120 tai 150 ohmin vastuksia. Tyypillisesti runkokaapelin suojavaippa maadoitetaan isännän kohdalta. [14.]

Tiedonsiirto on helppoa COM1- ja COM2-porttien kautta ja molemmat portit voivat toimia samanaikaisesti Modbus-liityntänä. Väylän topologia voi olla kaksipisteyhteys (*RS-232/RS-422*) tai monipisteyhteys (*RS-485*). *RS-232*-järjestelmässä voidaan käyttää yhtä isäntää ja yhtä renkiä. Sen kaapeloinnin pituus on maksimissaan 15 metriä. *RS-485* on balansoitu sarjaliikenneväylä, jossa voi olla yksi isäntä ja 31 renkiä ja sen enimmäispituus on 1200 metriä. [3.]

Balansoidussa tiedonsiirrossa on ideana, että signaali lähetetään kahta johdinta pitkin niin, että toisessa johtimessa signaali on käännettynä. Kun johtimet on kierrettynä toisiinsa, niin johdinpari ei aiheuta häiriötä ulospäin, sillä vastakkaiset jännitetasot kumoavat toisensa vaikutuksen. Ulkopuoliset häiriöt aiheuttavat pariin samansuuntaisen signaalin jännitemuutoksen. [3.]

9 Yhteenveto

Tämän insinööriyön tavoitteena oli perehtyä rakennusautomaatiossa yleisesti käytettyyn väyläratkaisuihin ja niiden ominaisuuksiin. Koska väyläprotokollia on useita, on niiden joukosta oikeanlaisen väylän valitseminen vaikeaa. Tarkoituksena oli saada kerättyä valituista väyläprotokollista mahdollisimman lyhyesti tärkeimmät ominaisuudet, kuten käyttökohde, väylän pituus, liittyjien määrä, tiedonsiirtonopeus, verkkotopologia ja tiedonsiirtomedia.

Tuloksena saatiin selvitettyä yleisesti kenttäväylän rakennetta ja sen etuja, verrattuna vanhempiin järjestelmiin. Selvityksestä kävi ilmi, että kenttäväylän käytössä säästää huomattavasti itse työn teossa ja kustannuksissa sekä järjestelmistä saadaan avoimempia ja helpommin hallittavia.

Eri väyläprotokollia vertaillen huomasi, että niitä löytyy hyvin eritasoisia. Osa väylistä oli tarkoitettu ainoastaan valaistukseen tai mittaustietojen siirtoon, kun taas toisilla pystyi hallitsemaan koko rakennuksen ohjaukset ilmanvaihdosta kulunvalvontaan. Väylien nopeuksissa ja pituuksissa oli myös huomattavia eroja.

Väylien ominaisuuksista saatiin rakennettua vertailutaulukko, josta huomaa nopealla silmäyksellä väylien erot eri ominaisuuksien osilta. Taulukko ei kuitenkaan kerro koko totuutta, sillä taulukkoon on laitettu maksimi lukemia, eivätkä ne välttämättä ole käytävissä keskenään. Väylän pituuden ollessa huipussaan, ei tiedonsiirto välttämättä kykene toimimaan nopeimmalla nopeudellaan. Tietyllä topologialla tai tiedonsiirtomedialla voi myös olla omia rajoituksiaan.

Rakennusautomaation määrä tähän päivään mennessä on kasvanut huomattavasti ja sen kasvu on edelleen jatkumassa, sillä automaatiota löytyy liikekiinteistöjen ja julkisten rakennusten lisäksi yhä useammasta kotitaloudesta. Rakennusautomaatiojärjestelmä vaatii investointeja sen hankinta vaiheessa, mutta pitkällä aikavälillä oikein käytetty järjestelmä tuo säästöjä ja maksaa itse itsensä takaisin.

Työtä tehdessä huomasi, että aiheesta ei aivan hirveästi ole kirjallista materiaalia. Osa lähteistä oli vanhoja, joka mahdollistaa sen, että tekniikka on jo kehittynyt ja työssä mahdollisesti voi olla vanhaa tietoa.

Lähteet

- 1 Värjä, Pertti & Mikkola, Jukka-Matti. 1999. Uusi kiinteistöautomaatio. Koria; Cadnet Oy.
- 2 Piikkilä, Veijo ym. 2001. ST-käsikirja 17 Rakennusautomaatiojärjestelmät. Espoo: Sähköinfo Oy.
- 3 Piikkilä, Veijo & Sahlstén, Toivo. 2006. ST-käsikirja 21 Kiinteistöjen tiedonsiirtoväylät. Espoo; Sähköinfo Oy.
- 4 Piikkilä, Veijo ym. 2012. ST-käsikirja 17 Rakennusautomaatiojärjestelmät. Espoo: Sähköinfo Oy.
- 5 Koivisto, Matti. Standardointi ja OSI –malli. Verkkodokumentti.
<<http://oppimateriaalit.internetix.fi/fi/avoimet/6tekniikkatalous/lahiverkko/standardointi>> Luettu 17.3.2015.
- 6 Oulun seudun ammattiopisto. 2004. Johdanto verkkotekniikkaan. Verkkodokumentti
<http://www.okol.org/verkkokurssit/datanomi/tietojarjestelmien_kaytto_ja_kehittaminen/lahiverkko_internet/lanjaint/johdanto_verkkotekniikkaan/johdanto3.htm> Luettu 24.3.2015.
- 7 Piikkilä, Veijo. 2009. ST-kortti 701.60 Kenttäväylätekniikka. Espoo: Sähköinfo Oy.
- 8 DALI AG. 2001. DALI manual. Verkkodokumentti. <<http://www.dali-ag.org/news-service/downloads-publications.html>>. Luettu 29.3.2015.
- 9 Tridonic GmbH & Co KG. DALI manual. Verkkodokumentti.
<http://www.tridonic.com/ae/download/technical/DALI-manual_en.pdf>. Luettu 28.3.2015.
- 10 KNX Association. 2006. Käsikirja asuntojen ja rakennusten ohjauksiin.

- 11 Nysten, Mika. 2013. KNX-taloautomaation tietoturva. Verkkodokumentti. <<https://jop.cs.tut.fi/twiki/bin/view/Tietoturva/Tutkielmat/KNX>>. Luettu 3.4.2015.
- 12 Piikkilä, Veijo. 2004. LonWorks-tekniikan perusteet. Tampere: Tammertekniikka.
- 13 Saint-Gobain Pipe Systems Oy. 2009. M-Bus mittariluentajärjestelmä suunnitte-
luohjeet. Verkkodokumentti. < [http://www.saint-
gobainpipesystems.fi/sivu.asp?taso=4&id=7](http://www.saint-gobainpipesystems.fi/sivu.asp?taso=4&id=7)>. Luettu 5.4.2015.
- 14 Tikkanen, Jarkko. 2013. Modbus-integrointi rakennusautomaatiojärjestelmään.
Tampere: Tampereen ammattikorkeakoulu.

Vertailutaulukko

	DALI	KNX	LON	M-Bus	Modbus
Käyttökohde	Valaistus	LVIS-prosessit	LVIS-prosessit	Mittaustietojen siirto	LVIS-prosessit
Protokolla	Osoitteellinen sanoma	Osoitteellinen sanoma	LonTalk	Isäntä-renki	Isäntä-renki
Tiedonsiirtomedia	Johdinpari	Johdinpari, sähköverkko, radioverkko	Johdinpari, sähköverkko, radioverkko, infrapuna, optinen, koaksiaali	Suosituksena johdinpari, ei erityisvaatimuksia	Johdinpari
Verkkotopologia	Väylä, tähti, yhdistelmä	Väylä, tähti, puu, yhdistelmä	Väylä, tähti, puu, yhdistelmä	Väylä, tähti, yhdistelmä	Väylä, tähti, puu, yhdistelmä
Max. Pituus	300m	1000m	2700m	12km	1200m
Tiedonsiirtonopeus	1200bps	9600bps	1,25Mbps	9600bps	115kbps
Liityntöjen määrä järjestelmässä	64	58 384	32 385	250	247

Huom! Käytetyt arvot eivät välttämättä ole keskenään käytettävissä. Esim. väylän maksimi pituudella ei nopeus välttämättä ole maksimi.